



Unboxed Prozess: Machbarkeits- und Auswirkungsanalyse auf das Toleranzmanagement von Stahlschalen-Großmodulen

UMAToS

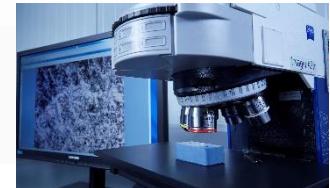
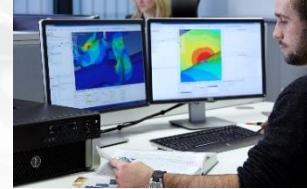
Attendorn

Januar 2026

0004675

M.Sc. Eduard Haberkorn, Dr.-Ing. Jan Böcking, Dr.-Ing. Stefan Kurtenbach

**acs | automotive center
SÜDWESTFALEN**

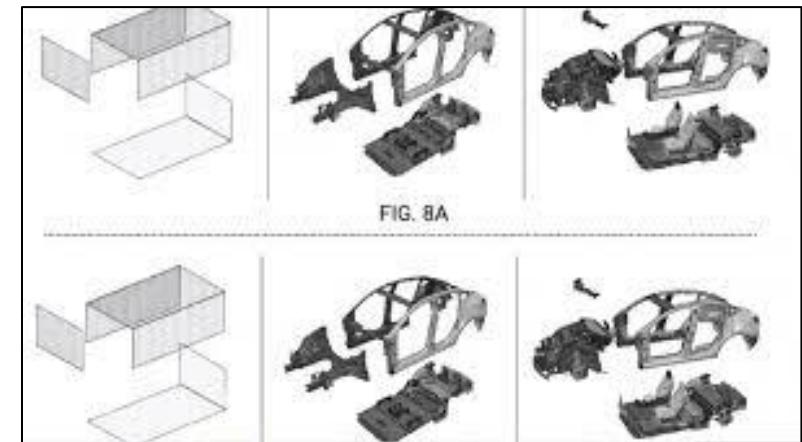


Unboxed: Herausforderungen für Stahlschalengroßmodule - UMAToS

Motivation

Unboxing Prozess – Wandel der linearen Fertigungsstraße in parallele Fertigungsmodule

- Die Automobilindustrie befindet sich im Wandel. Die **steigende Bedeutung kosteneffizienter Produktionsverfahren** in der zweiten Phase der Elektromobilität zwingt OEMs und Zulieferer zur Anpassung.
- **Kostendruck in der Fahrzeugproduktion:** Insbesondere durch chinesische OEMs sowie TESLA steigt der Wettbewerb um kosteneffiziente Produktionsprozesse.
- **OEMs:** Planungen Unboxing-Strategien zur Senkung der Fertigungskosten des Gesamtfahrzeugs. Ankündigungen in 2025 von **Volkswagen, Toyota, Ford, TESLA, ...**
- Das **Unboxing-Prinzip** bezeichnet eine alternative Fahrzeugfertigungsmethode, bei der das Fahrzeug in größere Module zerlegt und in separaten Fertigungsstraßen parallel gebaut wird. Anschließend werden die Module am Ende der Produktion zusammengefügt.
 1. **Modularisierung der Karosserie:** Einteilung in Hauptmodule (z. B. Vorderwagen, Hauptstruktur, Hinterwagen)
 2. **Parallele Fertigung der Module:** Optimierung von Materialflüssen und Montageprozessen
 3. **Finales Zusammenführen (Unboxing-Montage):** Die vorgefertigten Module werden am Ende des Prozesses montiert



Wandel der linearen Fertigungsstraße in parallele Fertigungsmodule

Unboxed: Herausforderungen für Stahlschalengroßmodule - UMAToS

Motivation

Unboxing Prozess

Vorteile des Unboxing-Prozesses:

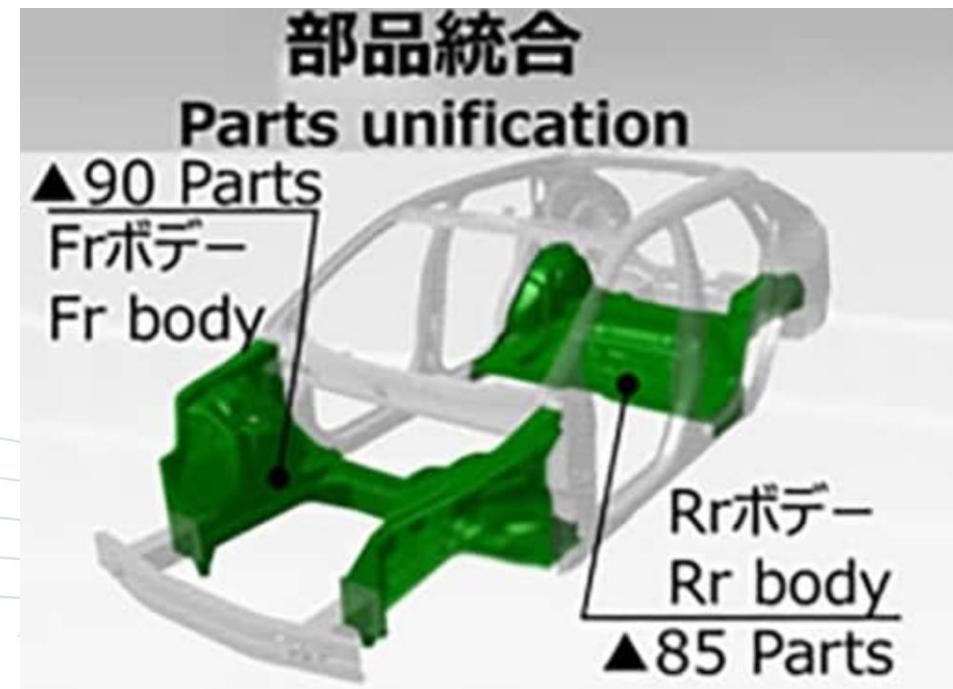
- ✓ **Kosteneinsparungen** durch parallele Produktion und geringeren Personaleinsatz
- ✓ **Flexibilität** durch eine modulare Fertigung und Skalierbarkeit
- ✓ **Effizienzsteigerung** durch verbesserte Zugänglichkeit während der Montage

Herausforderungen des Unboxing-Prozesses in Schalenbauweise:

- ⚠ Notwendige Anpassung bestehender Fügetechniken und Materialverarbeitung
- ⚠ Produktionsstandort bei OEM
- ⚠ Anpassung der Toleranzstrategie BIW
- ⚠ Unklare Lösungsansätze für Lackierarbeiten

→ Aktuelle Strategien der OEM setzen auf den Einsatz von Großgußbauteilen. Erhebliche Ressourcen im Markt sind jedoch in der Umformtechnik gebunden, so dass auch hier Ansätze zu finden und zu bewerten sind. Dabei ergibt sich eine besondere Herausforderung im Design des Großmoduls und seiner qualitativen Absicherung für eine belastbare Serienfertigung innerhalb der Unboxed-Strategie.

Toyota



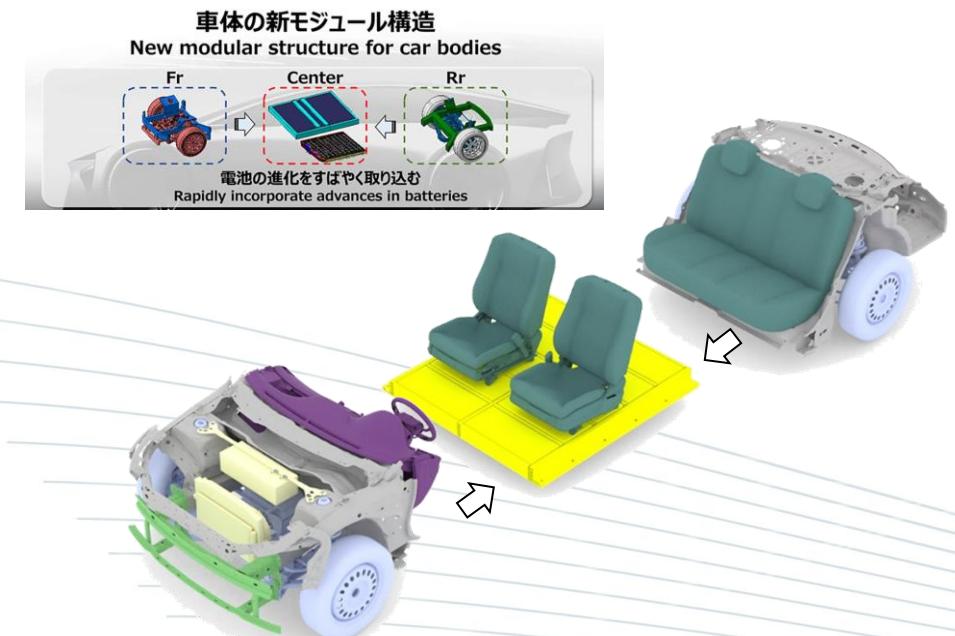
Unboxed: Herausforderungen für Stahlschalengroßmodule - UMAToS

Zielsetzung und Nutzen

Ziel des Projekts: Analyse der ZSB-Toleranzanforderungen eines Vorderwagenmoduls in Schalenbauweise für eine Unboxed-Fertigungsstrategie

Nutzen und Ergebnis

- Anpassung einer aktuellen Schalenbauweise (Vorderwagen) in Unboxed-Strategie
- Untersuchung der Anpassung in Fügeverbindungen
- Analyse der Maßhaltigkeit des ZSB nach thermischen Fügeprozessen
- Methodenentwicklung zur Anpassung der Baugruppenfertigung zur Zielerreichung Maßhaltigkeit für BIW-Fertigung
- Regelmäßige Diskussionen und Austausch im Expertenkreis
- Gemeinsame Gestaltung von ausgewählten Projektinhalten



Unboxed: Herausforderungen für Stahlschalengroßmodule - UMAToS

Arbeitsplan

Arbeitsplan

- **AP1: Analyse des Referenzmodells**

Caresoft-Datensatz TESLA Model Y im Schalendesign (Vorderwagen) als Referenz
(Bauteildesign, mech. Wirkzusammenhänge)

- **AP2: Modifikation der Referenz in Unboxed-Design**

Anpassung des Serienstands in ein Unboxed-Schalendesign inkl. Validierung

- **AP3: Analyse des Referenzmodells hinsichtlich Lageabweichungen im Großmodul-Fertigungsprozess**

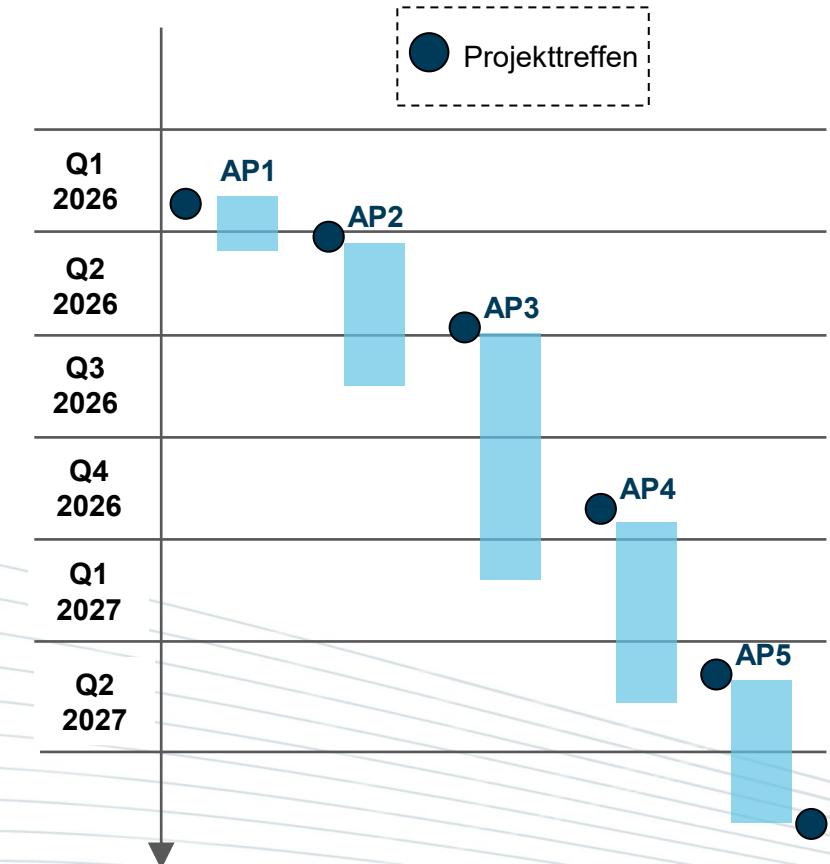
Analyse der Fügereihenfolge und –auswirkungen mit umgeformten Einzelteilen mittels autoform Assembly

- **AP4: Anpassung der Einzelbauteilgeometrien**

Modifikation der Schalen-Einzelbauteile, so dass Verzugstoleranzen für eine Großmodulfertigung innerhalb der BIW-Fertigungsrestriktionen liegen
⇒ Erreichen der erforderlichen Modulsteifigkeit für Montageprozesse im Gesamtfahrzeug
(Großmodule wirken als Geostation)

- **AP5: Validierung der Leistungsfähigkeit der modifizierten Struktur**

Analyse der Steifigkeit, Crashperformance

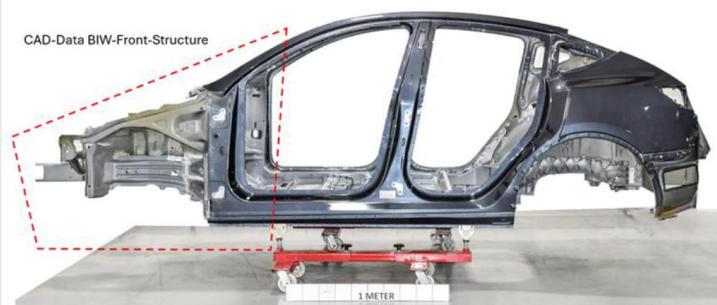


Unboxed: Herausforderungen für Stahlschalengroßmodule - UMAToS

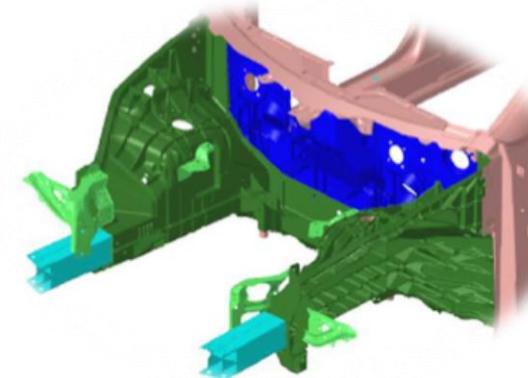
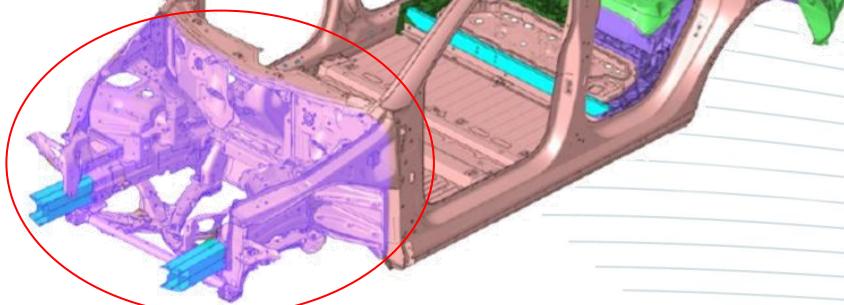
Arbeitsplan

AP1: Analyse des Referenzmodells

- Analyse des CAD-Datensatz (Tesla Model Y 2020 mit Schalen-Vorderwagen)
- Analyse der Einzelkomponenten Vorderwagen hins. Geometrie und Materialgüte
- Analyse der Fügetechnologien und -prozesse
- Analyse der Schnittstellen zum Fahrgastbereich
- Analyse der Vorderwagensteifigkeit (Submodell)
- Analyse des BIW-Fertigungsprozesses mit Fokus auf Reihenfolge und zentraler Geostation



Teardown-
Data



Model Y Großguss-Vorderwagen

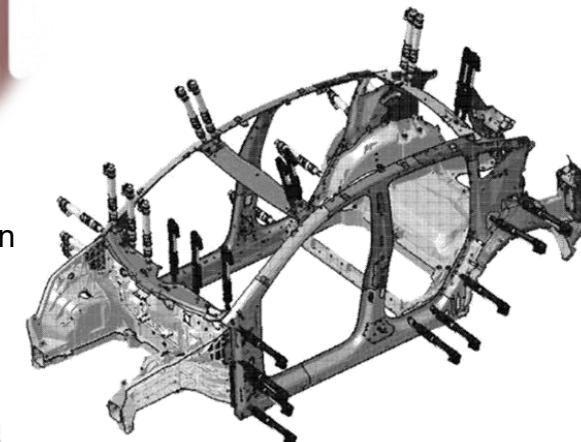


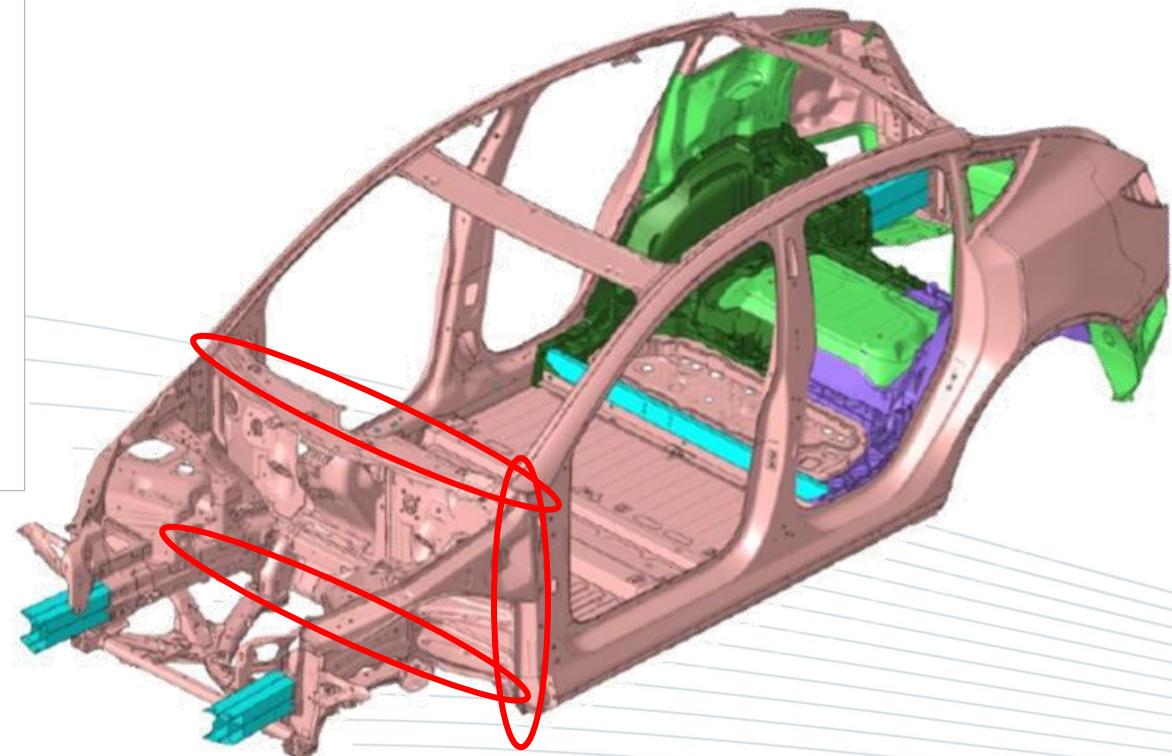
FIG. 10

Unboxed: Herausforderungen für Stahlschalengroßmodule - UMAToS

Arbeitsplan

AP2: Überarbeitung der Referenzstruktur

- Iterationsschleifen:
 - CAD-Anpassung der Schnittstellen zum Fahrgastbereich hins. Unboxed-Fertigung
 - Anpassung der bestehenden Einzelteilstruktur, um Unboxing zu ermöglichen
 - Analyse der Vorderwagensteifigkeit:
 - Definition eines geeigneten Lastfalls
 - Eigensteifigkeit für ZSB-Betrachtung
 - Systemsteifigkeit in Gesamtfahrzeug

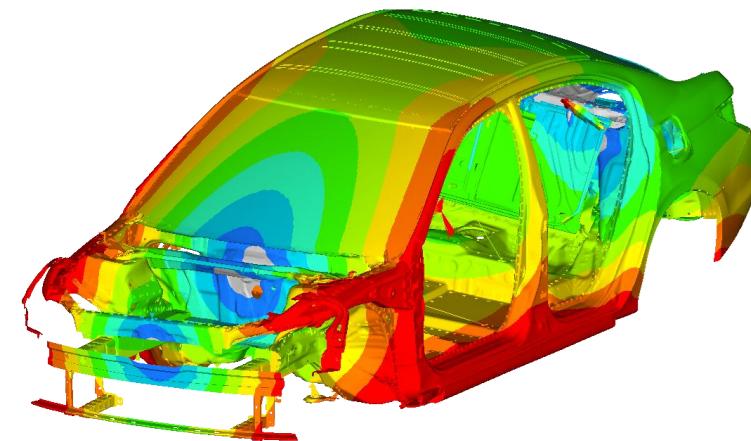


Unboxed: Herausforderungen für Stahlschalengroßmodule - UMAToS

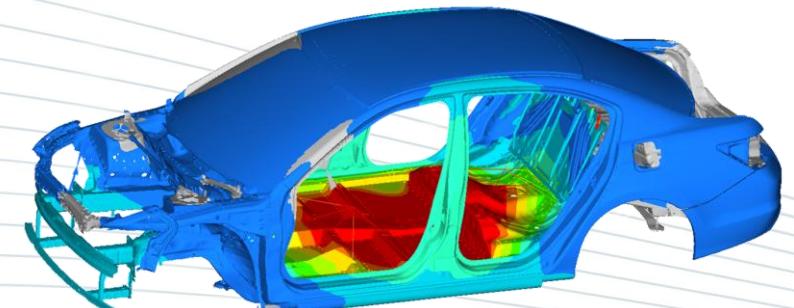
Arbeitsplan

AP3: Analyse des Referenzmodells hinsichtlich Lageabweichungen

- Aufbau des Vorderwagen-ZSB in Autoform-Assembly
 - Analyse der Formtreue/Toleranzen
- Vergleich mit Anforderungen hinsichtlich Maßhaltigkeit in der BIW-Fertigung
Ableitung unterschiedlicher Unboxed-Schalenstrategien (rigid, flexible, ...)
- Analyse der Vorderwagensteifigkeit mittels FEM
- Fokussierung im Projekt auf eine Mindeststeifigkeit des Vorderwagens für den BIW-Montageprozess
- Analyse der Fügereihenfolge auf Maßabweichungen im Vorderwagen-ZSB
- ...



Analyse von Systemsteifigkeiten



Unboxed: Herausforderungen für Stahlschalengroßmodule - UMAToS

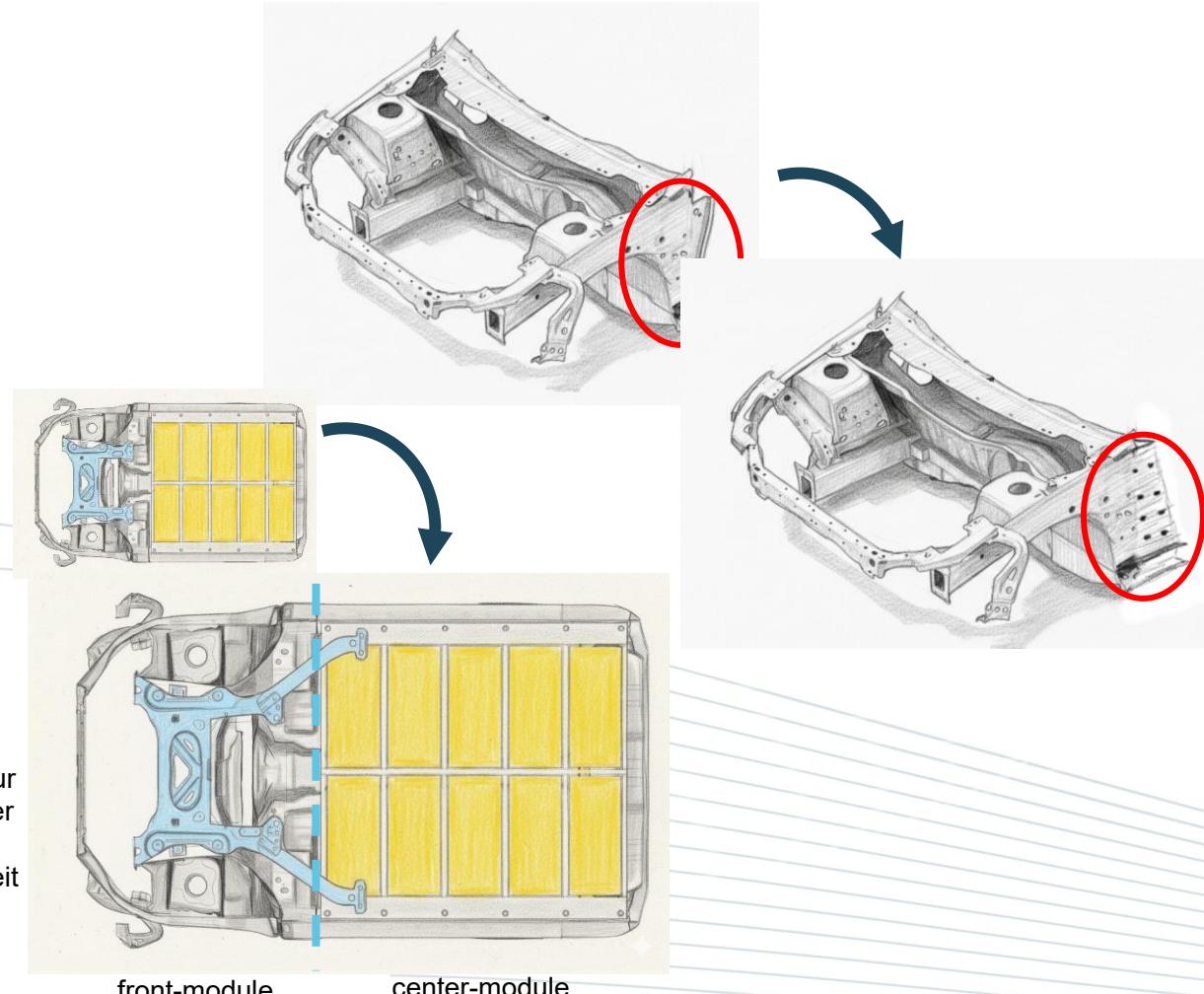
Arbeitsplan

AP4: Anpassung der Einzelbauteilgeometrien

- Designanpassungen von Einzelbauteilen für Unboxed-Fertigungskette unter Berücksichtigung der erarbeiteten Abhängigkeiten und Anforderungen
- Analyse der Fertigungsabweichungen hins. Anforderungen für den Unboxed-Prozess
- Designanpassungen von Einzelbauteilen, um die Maßhaltigkeit zu erhöhen
- Anpassung von Fügetechnologien
- Iterationsschleifen zur Designanpassung

⇒ Designstand Unboxed-fähig

Nutzung von
Bolt-on-Parts zur
Ertüchtigung der
BiW-
Gesamtsteifigkeit

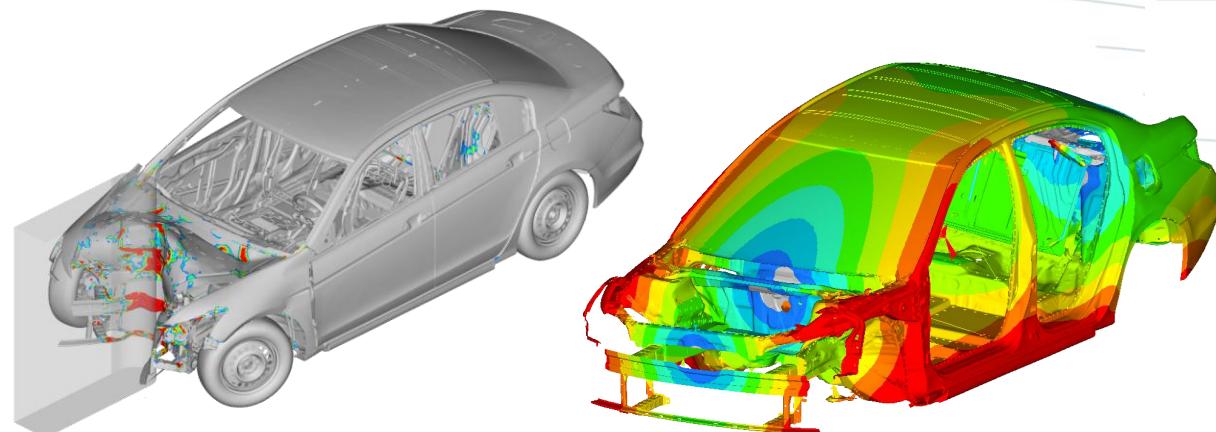


Unboxed: Herausforderungen für Stahlschalengroßmodule - UMAToS

Arbeitsplan

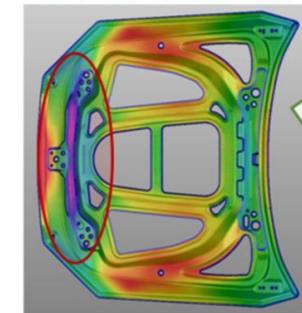
AP5: Validierung der Leistungsfähigkeit de modifizierten Struktur

- Benchmark der innovativen Vorderwagenstruktur mit der Referenz hinsichtlich:
 - Modulsteifigkeit
 - Crashverhalten
 - ...

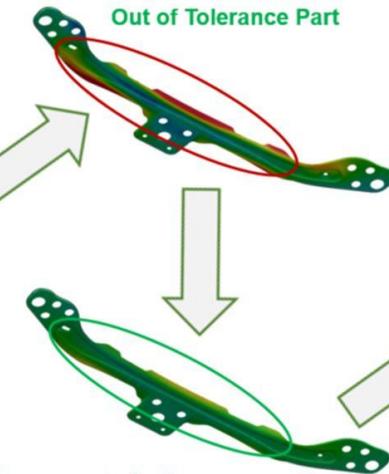


Abweichungsanalyse
klassischer
Entwicklungsprozess

Deviation from Nominal



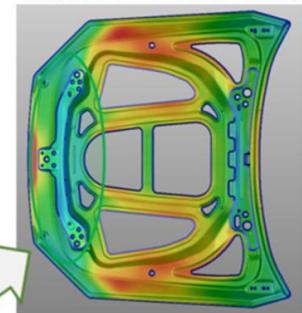
Out of Tolerance Part



Compensate for Improvement

Abweichungsanalyse
assembly-
Entwicklungsprozess

Improve Overall Assembly



Unboxed: Herausforderungen für Stahlschalengroßmodule - UMAToS

Organisatorisches und Zeitplanung

Organisation

- Projektbeginn: Q1/2026
- Projektlaufzeit: 18 Monate
- Projektkosten: 12.500€ je Projektjahr an Bearbeitungsaufwand sowie 6.500€ Unkostenbeteiligung am Referenzfahrzeugmodell *
 (Unkostenbeitrag 1. Projektjahr: 19.000€
 Unkostenbeitrag 2. Projektjahr: 6.250€)

Anmerkungen:

Im Rahmen des Projektes gelten die allgemeinen Geschäftsbedingungen der Automotive Center Südwestfalen GmbH sowie ggfs. zusätzliche Projektvereinbarungen.

Die Projektkosten sind jährlich im Voraus zu entrichten; Reisekosten sind nicht inkludiert.

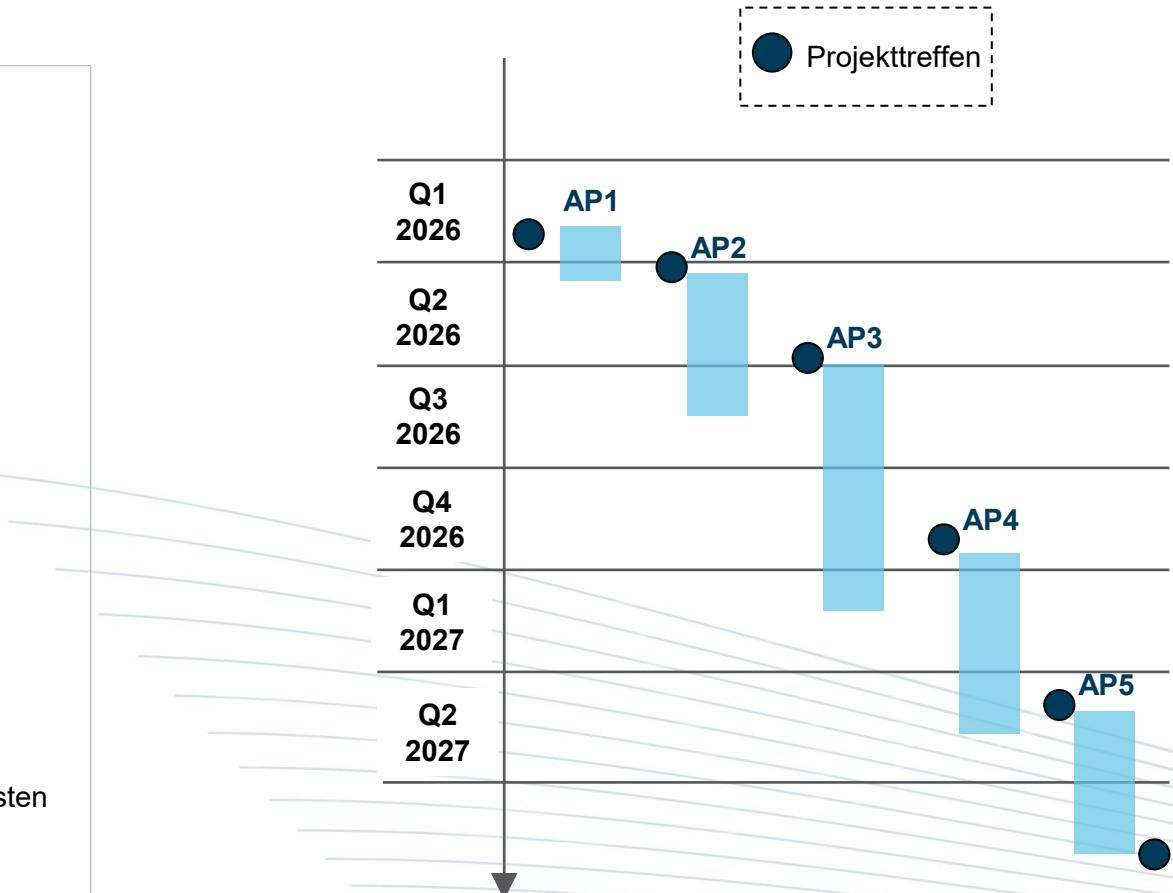
Caresoft übernimmt keine Entwicklungsaufgaben im Projekt.

Unternehmensspezifische Projekterweiterungen und individuelle Analysen sind möglich.

Eine Mindestteilnehmerzahl ist für das Projekt vorgesehen

Eine Teilnahme ist auch nach Projektbeginn durch Entrichtung der vollständigen Projektkosten möglich.

*Ausgangsdaten des Fahrzeugmodells (CAD, FEM) werden nicht Verfügung gestellt, Arbeitsergebnisse (inkl. Daten) werden geteilt



Vielen Dank.

Ansprechpartner



Dr.-Ing. Stefan Kurtenbach
Leiter Prozess- u. Technologieentwicklung
T +49 2722 9784-543
E s.kurtenbach@acs-innovations.de



Dr.-Ing. Jan Böcking
Leiter Umformtechnik
T +49 2722 9784-526
E j.boecking@acs-innovations.de



M.Sc. Eduard Haberkorn
Leiter CAE / virtuelle Entwicklung
T +49 2722 9784-535
E e.haberkorn@acs-innovations.de



M.Sc. Philipp Hoffmann
Projektingenieur Umformtechnik
T +49 2722 9784-533
E p.hoffmann@acs-innovations.de

Gute Ideen. Leicht gemacht.

